

## 评论

博士论文摘要（作者：彭翼舟）题为：《基于植物测试的四川盆地西部红色土壤中 Cd、Pb 和 As 重金属污染阈值研究》，提交以申请地质矿物学副博士（地质矿物学候选人）学位，专业方向为 1.6.21 地质生态学（геоэкология）。

作者研究以四川盆地西部红色土壤为对象，围绕“以植物效应为终点建立本地化阈值，并解释阈值的情境依赖性”这一核心任务展开，现实意义明确。作者在导论中将构造—地貌—母岩与土地利用的区域背景纳入同一解释框架，说明红色土壤在母岩继承、裂隙与胶结程度、季风水文条件以及碳酸盐背景方面具有与常见酸性农田截然不同的地球化学行为，由此论证采用基于植物响应的阈值体系之必要性。文献综述把“统一限值难以代表特殊成因—矿物背景下的真实生物有效性”这一学术难点阐释到位，自然而然引出以植物测试为抓手重新界定阈值的总体思路。

在区域层面，作者对不同功能用地的红色土壤开展了系统采样与统计分析，比较了主要重金属的含量格局与变异特征，揭示出农业主导区域在某些元素上同时具有较高的频现率与显著的空间不均一性；这既为实验部分提供了现实参照，也从侧面印证了单一“背景值 + 限值”的监管范式在该类土壤中的局限。随后的实验设计延续了这种“从区域到试验”的逻辑：以碳酸盐丰度差异显著的两类红色土壤构建天然对照；以油菜与高粱两种本地主要作物、芽与根两个器官作为敏感端点；在严格控制的实验条件下设置梯度暴露，记录萌发与短期生长的量化指标。剂量—效应分析采用规范的非线性模型提取促进与抑制端点，并通过拟合质量与稳健性对比，择优确定能真实反映数据结构的表达方式，避免了过度拟合与模型依赖。

值得肯定的是，作者在多元素共同暴露情景下使用成熟的组合指标框架识别拮抗、相加与协同的发生区间，并以相对生长率等实测曲线对模型判定进行闭环校核。论文对阈值的呈现强调“条件性”与“不确定性范围”，避免将单一数值绝对化；同时将“阈值的差异”与“碳酸盐背景—离子活度—植物响应”的连续链条加以衔接，使得阈值不再是抽象点值，而是嵌入到具体的成因—矿物学情境之中。

从方法与统计的角度看，这项工作的规范性与自觉性体现在三个连贯方面：其一，对照—处理结构清晰，通过两类成因背景不同的红色土壤保证了基础条件的可比性；其二，剂量—效应建模与数据本身的变异处理保持平衡，既依托模型又不被模型牵引；其三，对交互效应的识别保持克制，结论均以实验支撑为边界，没有逾越数据所能承担的解釋强度。基于上述结果，作者将实验阈值回接至区域情境，提出将基于植物响应的本地化阈值纳入红色土壤分布区的评价与管理体系，以补充现行统一标准，并指向更精细化、分区化的监管路径。

总体而言，该论文在实验设计、模型选择与统计解释上秩序良好、证据链完整，方法学意义超越单一区域个案，具有可迁移的参照价值。若进一步考虑到学术发展的连续性，可在后续研究中（在条件允许的前提下）补充有限的机理性表征以加固“阈值—活度”的直接证据链，或开展时间尺度更长、作物谱系略有扩展的验证研究；上述建议不影响对当前论文质量与结论可靠性的整体判断。

该论文符合莫斯科国立大学关于地质—矿物学副博士（专业 1.6.21 地质生态学）学位论文的要求，建议授予作者相应学位。

评审人姓名：田立明

学位 学衔：地质矿产普查与勘探博士

职务：总工程师

组织结构部门及组织全称：江西中煤建设集团有限公司南昌市红谷滩区洪州大道明月山大道至三清山大道段快速化改造工程二标段项目经理部

组织地址：中国江西省南昌市红谷滩区洪州大道 1 号

组织网站：www.zm.jxsdjt.cn

评审人工作邮箱：3

评审人工作电话：+

本人，田立明（评审人姓名），同意将我的个人数据纳入与论文委员会工作相关的文件中，并同意其后续处理。

2025 年 11 月 30

盖章)

(签名)



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пэн Ичжоу

*«Пороговые уровни загрязнения тяжёлыми металлами Cd, Pb и As красноцветных грунтов по данным фитотестирования (западная часть Сычуаньской впадины, Китай)»*, представленной на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. – Геоэкология

Объектом исследования автора являются красноцветные грунты западной части Сычуаньской впадины; работа выстроена вокруг центральной задачи – «установление локализованных пороговых уровней на основе эффекта для растений как конечной точки воздействия и интерпретация контекстуальной обусловленности этих порогов», причём её прикладное значение сформулировано чётко и однозначно. Во введении автор объединяет в единую интерпретационную схему региональный фон строения, рельефа, пород-матриц и землепользования, показывая, что красноцветные грунты по наследованию свойств пород-матриц, степени трещиноватости и цементации, муссонным гидрологическим условиям и карбонатному фону демонстрируют геохимическое поведение, принципиально отличающееся от типичных кислых сельскохозяйственных почв. Тем самым обоснована необходимость применения пороговой системы, основанной на отклике растений. Обзор литературы последовательно раскрывает научную проблему «невозможность единых предельных значений адекватно отражать реальную биологическую значимость металлов в условиях специфического генетико-минералогического фона» и естественным образом подводит к общей идее переопределения порогов на основе фитотестирования.

На региональном уровне автор проводит системный отбор и статистический анализ красноцветных грунтов в разных типах функционального землепользования, сравнивая уровни содержания и вариабельность основных тяжёлых металлов и выявляя, что в сельскохозяйственно освоенных территориях для ряда элементов одновременно характерны повышенная частота превышений и выраженная пространственная неоднородность. Это, с одной стороны, задаёт реальный референт для экспериментальной части, а с другой — косвенно подчёркивает ограниченность регуляторной парадигмы, основанной на единой связке «фоновое значение + предельно допустимая концентрация», применительно к данным типам грунтов. Последующий экспериментальный дизайн логично продолжает линию «от региона к лабораторному опыту»: в качестве естественных контрастов выбраны два типа красноцветных грунтов с резко различающейся карбонатной насыщенностью; в качестве чувствительных биологических конечных точек — две основные для региона культуры (рапс и сорго) и два органа (росток и корень). В строго контролируемых условиях поставлен градиентный эксперимент по экспозиции, с регистрацией количественных показателей прорастания и краткосрочного роста. Для анализа дозо-эффектных зависимостей применены стандартизированные нелинейные модели, на основе которых выделены интервалы стимулирующего и ингибирующего действия; путём сопоставления качества аппроксимации и устойчивости результатов выбраны те формализмы, которые наилучшим образом отражают структуру исходных данных, что позволило избежать как переобучения, так и чрезмерной модельной зависимости.



Следует особо отметить, что в условиях многокомпонентного воздействия автор использует апробированный каркас интегральных показателей для идентификации зон проявления антагонизма, аддитивности и синергизма и замыкает модельные выводы на эксперимент, сопоставляя их с кривыми относительной скорости роста и другими измеренными параметрами. Представление порогов в диссертации подчёркивает их «условный» характер и существование «диапазона неопределённости», не сводя результаты к единственному «жёсткому» числу; параллельно «различия в порогах» последовательно увязываются с непрерывной цепочкой «карбонатный фон — ионная активность — ответ растения», благодаря чему порог перестаёт быть абстрактной точкой и оказывается встроенным в конкретный генетико-минералогический контекст.

С методологической и статистической точек зрения нормативность и внутреннюю дисциплину работы можно проследить в трёх взаимосвязанных аспектах. Во-первых, структура «контроль — опыт» выстроена прозрачно: использование двух красноцветных грунтов разного генезиса и карбонатного статуса обеспечивает сопоставимость исходных условий. Во-вторых, при построении дозо-эффектных моделей выдержан баланс между формальными требованиями моделирования и реальной вариабельностью данных: автор опирается на модельный аппарат, не позволяя ему подменить собой фактический материал. В-третьих, идентификация эффектов взаимодействия металлов проводится с должной осторожностью: все обобщения жёстко ограничены экспериментальной базой и не выходят за пределы интерпретационной ёмкости данных. Исходя из полученных результатов, автор возвращает экспериментально определённые пороги в региональный контекст, обосновывая включение локализованных пороговых значений, основанных на реакции растений, в систему оценки и управления качеством грунтов в зонах распространения красноцветных грунтов в дополнение к действующим унифицированным стандартам и в направлении более детализированного, дифференцированного регулирования.

В целом диссертационная работа отличается стройностью экспериментального дизайна, обоснованным выбором моделей и последовательной статистической интерпретацией; её методологическое значение выходит за рамки локального регионального кейса и обладает потенциалом переноса на сопоставимые геохимические обстановки. Учитывая перспективу дальнейшего развития темы, в последующих исследованиях (при наличии соответствующих условий) можно было бы дополнить комплекс ограниченным набором механистических характеристик для укрепления прямой доказательной связи «порог — активность» или провести более длительные по времени и несколько расширенные по спектру культур верификационные опыты. Указанные предложения не влияют на общую высокую оценку качества диссертации и надёжности её выводов.

Работа соответствует требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

ФИО автора отзыва (полностью): Тянь Лимин

ученая степень: Кандидат геолого-минералогических наук

должность: Главный инженер

Место работы / Структурное подразделение: Компания с ограниченной ответственностью «Цзянси Чжунмэй Строительная Группа», город Наньчан, район Хунгутань, проспект Хунчжоу, проект скоростной реконструкции участка от проспекта Минъюэшань до проспекта Саньциншань

Структурное подразделение и полное наименование организации: Китайская Народная Республика, провинция Цзянси, город Наньчан, район Хунгутань, проспект Хунчжоу, дом 1.

Интернет-сайт организации: [www.zm.jxsdjt.cn](http://www.zm.jxsdjt.cn)

e-mail автора отзыва (рабочий): 36

телефон автора отзыва (рабочий):

Я, Тянь Лимин, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дата: 30 ноября 2025 г.

/Печать/ Компания с  
ограниченной  
ответственностью «Цзянси  
Чжунмэй Строительная  
Группа», город Наньчан, район  
Хунгутань, проспект Хунчжоу,  
проект скоростной  
реконструкции участка от  
проспекта Минъюэшань до  
проспекта Саньциншань,  
участок № 2, дирекция проекта,  
3601040152430.

/Подпись/ Тянь Лимин

Перевод данного текста сделан мной, переводчиком Ромашкиной Натальей Викторовной

Российская Федерация

Город Москва

Восьмого декабря две тысячи двадцать пятого года

Я, Квитко Федор Александрович, нотариус города Москвы, свидетельствую подлинность подписи переводчика Ромашкиной Натальи Викторовны.

Подпись сделана в моем присутствии.

Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № 62/137-н/77-2025-94-3366

Уплачено за совершение нотариального действия: 400 руб. 00 коп.

Ф.А. Квитко

Всего прошнуровано, пронумеровано и скреплено печатью 5 лист(а)(ов)

Нотариус